

EKSAMEN

Emnekode: IRB36018	Emnenavn: Vann- og miljøteknikk
Dato: 12.06.2019 Sensurfrist: 03.07.2019	Eksamenstid: 3 timer
Antall oppgavesider: 6 (inkl. forside). Antall vedleggsider: 4	Faglærer: Geir Torgersen tlf. 48350480 Oppgaven er kontrollert: Torbjørn Friborg
Hjelpemidler: Utdelt kalkulator	
Om eksamensoppgaven: Antagelser og valg du gjør skal begrunnes. Les gjennom hele oppgavesettet før du begynner. Planlegg tiden din godt, så du ikke bruker all tid på én oppgave.	
Kandidaten må selv kontrollere at oppgavesettet er fullstendig	



Oppgave 1 – (40%) VANNFORSYNING

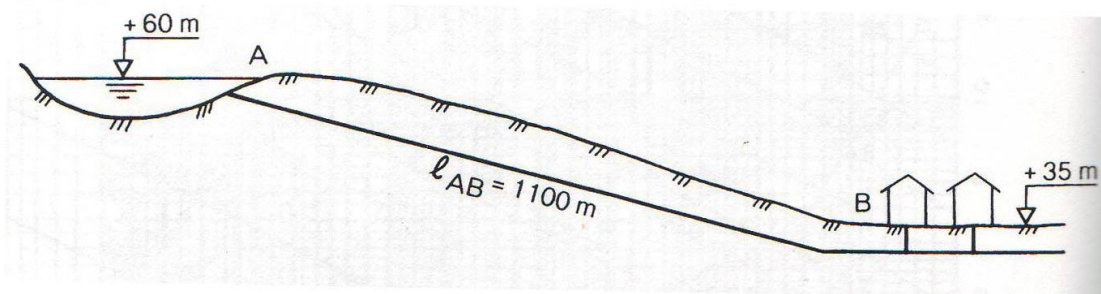
- a) Hvor mye vann er det vanlig å bruke pr. dag for en person i Norge (til vask, kjøkken, toalett mv)?

Hvorfor er maks timefaktor og maks døgnfaktor så viktig nå man skal dimensjonere vannforbruket?

Vis med to skisser og forklar hvordan du vil tro at timefaktoren vil variere over et døgn på en vanlig hverdag (f.eks. i dag onsdag 12. juni 2019) hvis man måler:

- 1) en vanlig norsk by med ca. 50 000 innbyggere
- 2) et nybygd lite boligfelt med ca. 50 personer

b)



Figur 1

Vi skal dimensjonere en vannledning på 1100 meter fra vannmagasinet ved A til forbruksstedet ved B. $Q_{dim} = 30$ l/s, og trykket i B skal ikke være mindre enn 20 mVS. Skisse er vist i figur 1. Friksjonskoeffisienten f settes til 0,02, og vi ser bort fra singulærtapene. Finn nødvendig dimensjon på denne overføringsledningen.

Det skal benyttes PVC trykkrør (Indre og ytre diameter for denne rørtypen er vist under). Aktuelle diametere å velge mellom vil være:

160 mm (utvendig diameter) → 160 mm / 144,6 mm (innvendig diameter)

225 mm (utvendig diameter) → 225 mm / 203,4 mm (innvendig diameter)

280 mm (utvendig diameter) → 280 mm / 253,2 mm (innvendig diameter)

315 mm (utvendig diameter) → 315 mm / 285,0 mm (innvendig diameter)

Beregn nødvendig rørdiameter på overføringsledningen ut fra listen over.

Hva blir trykket i forbruksstedet B ved maksimalt forbruk (Q_{dim}) etter at nødvendig rørdiameter er valgt?

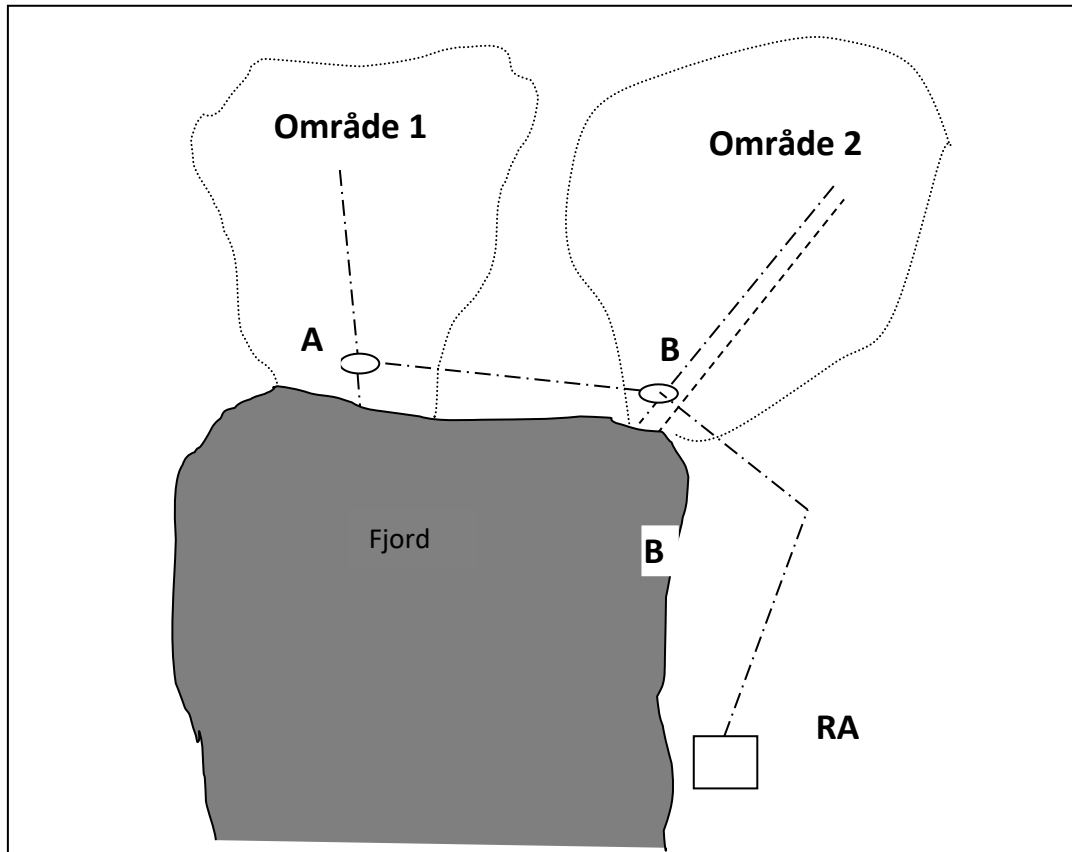
- c) I oppgaven over er det valgt å bruke PVC-rør. Hvilke andre rørmaterialer hadde vært aktuelle å bruke? Forklar kort om fordeler og ulemper med ulike rørmaterialer som brukes til vannledninger.
- d) Drikkevannsprøver fra to forskjellige steder er analysert ved et laboratorium. Det er:
1. Råvann (ubehandlet vann) fra en elv, f.eks. Glomma
 2. Drikkevann hentet fra vannkrana i en bolig som er tilknyttet kommunalt drikkevann, f.eks. Sarpsborg eller Fredrikstad

Hvis du skal vurdere vannkvaliteten ut fra resultatene i laboratorieprøvene. Hvilke parametere vil være typiske «kjennetegn» for hver av disse og kan skille dem fra hverandre dersom du ikke visste hvor prøvene var tatt?

Oppgave 2 – (40%) AVLØPSSYSTEM

- a) Hva er forskjellen på fellessystem og separatsystem? Hvilke fordeler har separatsystem framfor fellessystem?
- b) Nevn noen eksempler på lokale- og åpne overvannstiltak? Hvorfor foretrekkes dette i mange byområder i dag?

Figur 2 viser to boligområder i nærheten av Oslo. Begge områdene er fullt utbygd. Begge områdene skal nå legge ned hvert sitt gamle mekaniske rensanlegg (ikke vist på figuren). Det skal i stedet bygges et nytt felles rensanlegg for de to områdene lenger unna (merket RA). I område 1 er det fellessystem og i område 2 er det separatsystem.



Figur 2

Du kan i denne oppgaven velge blant følgende data for områdene som er vist i figur 2 (NB! ikke alle oppgitte data er nødvendige å bruke i oppgaven):

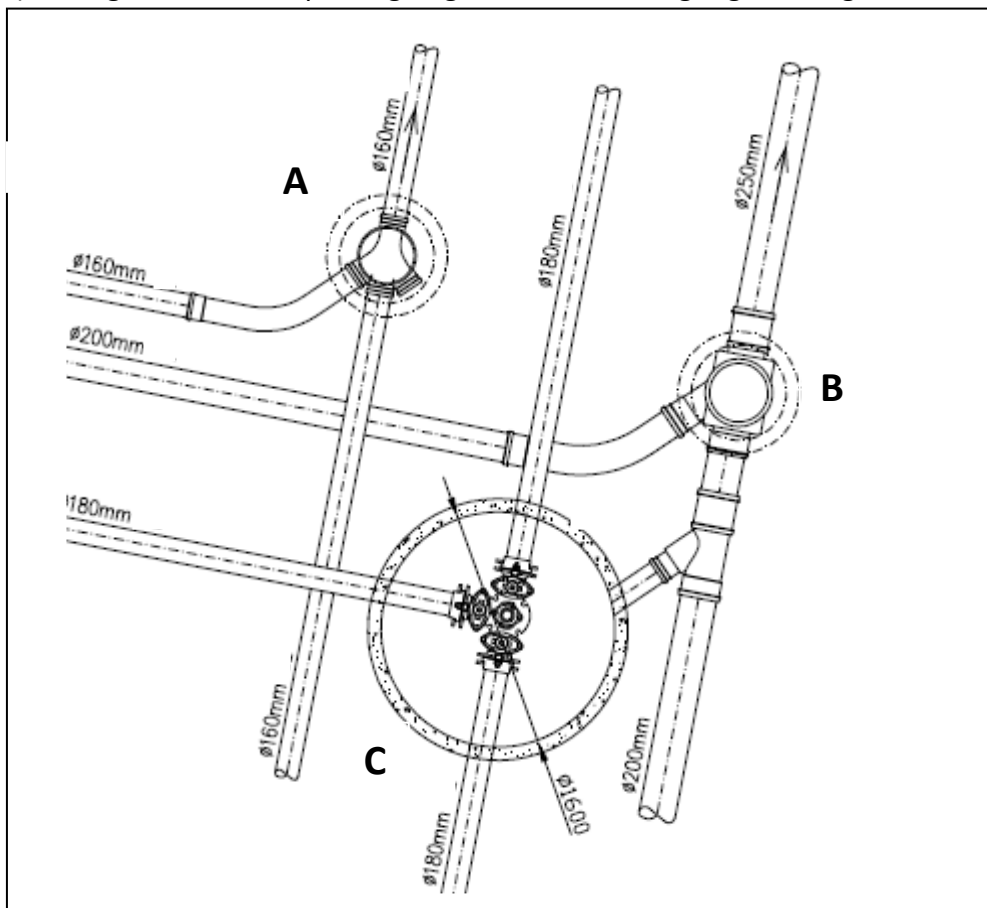
	Enhet	Område 1	Område 2
Antall personer	p	1900	3200
Spesifikk midlere spillvannsmengde (q_s)	l/p·d	200	200
Areal	ha	20	19
Avrenningskoeffisient	ϕ	0,6	0,6
Konsentrasjonstid	min	20	20
Gjentaksintervall	år	20	20

IVF-kurver for begge områdene i figur 2 er vist i vedlegg 2. Det benyttes betongrør. Ruhet for alle ledninger er $k=1,0$ mm. Colebrooks diagram for denne ledningsruheten er vist i vedlegg 3.

- c) Overvannsledningen helt nederst i område 2 på figur 2 føres rett ut i fjorden. Hva er dimensjonerende overvannsmengde for denne ledningen?
- d) Hvis ledningen nederst i område 2 på figur 2 ligger med et fall på 5 ‰, hvilken dimensjon bør denne ledningen ha? (den finnes i dimensjoner fra 100, 200, 300 mm osv. opp til 2000 mm)

Oppgave 3 (20%) LEDNINGSTEKNOLOGI OG RENSEPROSESSER VANN OG AVLØP

- a) På figur 3 er det en plantegning som viser ledninger går inn og ut av 3 kummer.



Figur 3: Plantegning av VA-ledninger og kummer

Kummene på figur 3 er gitt bokstavene A, B og C. Hvilken kum (A, B og C) på figuren er for vann, spillvann og overvann?

Forklar på så mange måter som mulig hvordan du kan se hvilken kum som er henholdsvis vann, spillvann og overvann.

Kummen merket med bokstaven C på figuren er større og inneholder mer enn de to andre. Forklar hva som er i denne kummen og hvilken funksjon dette har.

Det står ikke på figuren hva slags ledningsmateriale som er på de forskjellige ledningene. Forutsett at dette er et vanlig boligfelt med vanntrykk (40-60 mVS). Hvilke ledningsmaterialer ville du ha brukt her på hhv. vann, spillvann og overvannsledninger her? Begrunn svaret.

b) I renseprosessen i et kjemisk avløpsrenseanlegg inngår følgende trinn før slambehandlingen (oppgitt i tilfeldig rekkefølge):
sedimentering - sandfang - flokkulering - tilsetning fellingkjemikalier - rister

Plasser de ulike trinnene i riktig rekkefølge slik de er plassert i renseanlegget og forklar kort hva som skjer i hvert av trinnene.

De viktigste prosesstrinnene i slambehandling i et kjemisk avløpsrenseanlegg er hygienisering og stabilisering. Forklar hva som skjer i de to trinnene.

Når man skal måle hvor godt avløpsvann blir renses i et kommunalt avløpsrenseanlegg, er det blant annet viktig å måle fosforinnholdet. Hva er problemet med høye fosforutslipp?

Vedlegg 1 Formelark (2 sider)

Formler i vann og avløp. Ikke alle formlene er aktuelle for eksamensoppgavene

VANNFORBRUK

Ved beregning av vannverkets **totale vannforbruk** (ofte målt i m³/år):

- Q_p = privat forbruk
- Q_i = industriforbruk
- Q_o = offentlig forbruk
- Q_t = tap og sløsing (lekkasjer)

Totalt vannforbruk, Q_T = Q_p + Q_i + Q_o + Q_t

Spesifikt vannforbruk måles ofte i l/p*d

- q_p = spesifikt privat forbruk
- q_T = spesifikt totalforbruk

Variasjonsfaktorer vannforbruk:

f er døgnfaktor, Q_d er døgnforbruk

k er timefaktor, Q_h er timeforbruk

$$f_{maks} = \frac{Q_{d maks}}{Q_{d midlere}}$$

$$f_{min} = \frac{Q_{d min}}{Q_{d midlere}}$$

$$k_{maks} = \frac{Q_{h maks}}{Q_{h midlere}}$$

$$k_{min} = \frac{Q_{h min}}{Q_{h midlere}}$$

HYDRAULIKK

Kontinuitetslikningen:

Q = V * A, der hvor:

Q = Vannføring

V = Vannhastighet

A = Tverrsnittsareal

Bernoullis likning

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + \Delta h_{tap}$$

I praktiske problemstillinger innen vannforsyningen kan likningen forenkles til:

$$z_1 + h_1 = z_2 + h_2 + \Delta h_{tap}$$

Der:

z₁ er kotehøyden i pkt 1, z₂ i pkt 2

h₁ er trykkhøyden i pkt 1, h₂ i pkt 2

Δh_{tap} er trykktapet fra 1 til 2 = h_f

Darcy Weissbachs formel:

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Her er: h_f = falltap i m
L = ledningslengde i m
D = ledningsdiameter i m
v = vannhastigheten i m/s
g = gravitasjonskonstanten m/s²
f = friksjonskoeffisienten

Kombinasjon av Kontinuitetslikningen og Darcy Weissbachs formel for å finne diameter:

$$D^5 = \frac{f \cdot L \cdot Q^2 \cdot 8}{g \cdot \pi^2 \cdot h_f}$$

Mannings formel:

$$v = M \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$$

v = vannhastighet i tverrsnittet (m/s)

M = Mannings tall for friksjonsforholdene langs veggene i tverrsnittet (dimensjonsløst)

R = hydraulisk radius (m)

I = fallet på kanalen (m/m)

AVLØPSMENGDER

Dimensjonerende avløpsmengder
spillvannsledninger

$$\bullet Q_{\text{dim}} = Q_{\text{midl}} \cdot f_{\text{maks}} \cdot k_{\text{maks}} + Q_{\text{inf}}$$

Q_{inf} = maksimal infiltrasjonsmengde
 $f_{\text{maks}} = Q_{\text{maks dogn}} / Q_{\text{midl dogn}}$
 $k_{\text{maks}} = Q_{\text{maks time}} / Q_{\text{midlere time}}$

fellesledninger

$$\bullet Q_{\text{dim}} = Q_{\text{midl}} \cdot f_{\text{maks}} \cdot k_{\text{maks}} + Q_{\text{inf}} + Q_0$$

Q_0 = overvannsmengde

Spesifikt vannforbruk måles ofte i $l/p \cdot d$

- q_p = spesifikt privat forbruk
- q_T = spesifikt totalforbruk

Hvis Q_T er totalforbruket for et år målt i $m^3/\text{år}$. Da er midlere spesifikke forbruk q_T (med enhet $l/p \cdot d$)

$$q_T = \frac{Q_T \cdot 10^3}{365 \cdot p}$$

Beregning av overvannsmengde

$$Q = \varphi \cdot A \cdot I \cdot KF$$

Der:

Q – avrenning (l/s)

φ – avrenningsfaktor

A – areal på området (ha)

I – regnintensitet ($l/s \cdot \text{ha}$)

KF – Klimafaktor

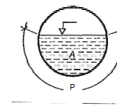
Beregning av gjennomsnittlig
avrenningsfaktor:

$$\varphi = \frac{\varphi_1 \cdot A_1 + \varphi_2 \cdot A_2 + \dots + \varphi_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

SELVRENSING

Hydraulisk radius

$$R = \frac{A}{P}$$



A = "Vått" areal av tverrsnittet

P = "Lengden av den "våte" periferien i tverrsnittet

For et fylt rør er: $R = \frac{A}{P} = \frac{\pi \cdot (\frac{D}{2})^2}{\pi \cdot D} = \frac{D}{4}$

Jevnt fordelt skjærspenning:

$$\tau_0 = \gamma \cdot R \cdot I$$

τ_0 = jevnt fordelt skjærspenning i N/m^2

γ = vannets spesifikke vekt i N/m^3

$$\gamma = \rho \cdot g = 10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 \approx 10^4 \text{ N/m}^3$$

$R = A/P$ = hydraulisk radius i m

$I = \sin \alpha$ = helning i m/m

(Vi forutsetter at helningsvinkelen α er såvidt liten at vi kan sette $\sin \alpha = I$, dvs. helningen på bunnen.)

Gjennomsnittlig skjærspenning for fylte rør

$$\tau_{\text{fylt}} = \gamma \cdot \frac{D}{4} \cdot I$$

Maksimal skjærspenning:

$$\tau_{\text{maks}} = 4 \cdot \frac{h}{D} \cdot \left(1 - \frac{h}{D}\right) \cdot \gamma \cdot \frac{D}{4} \cdot I$$

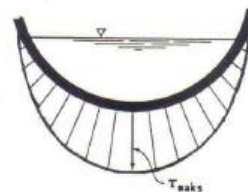
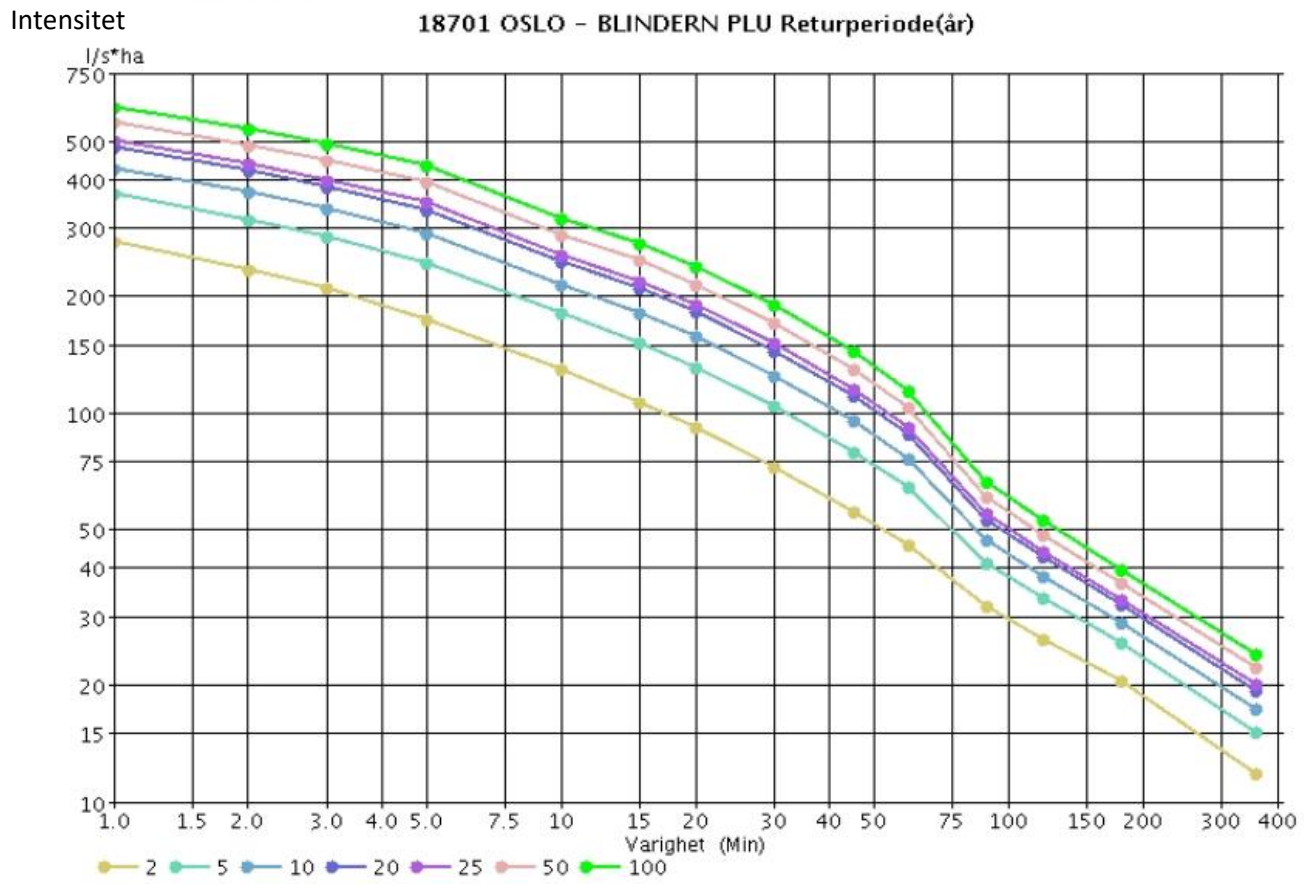
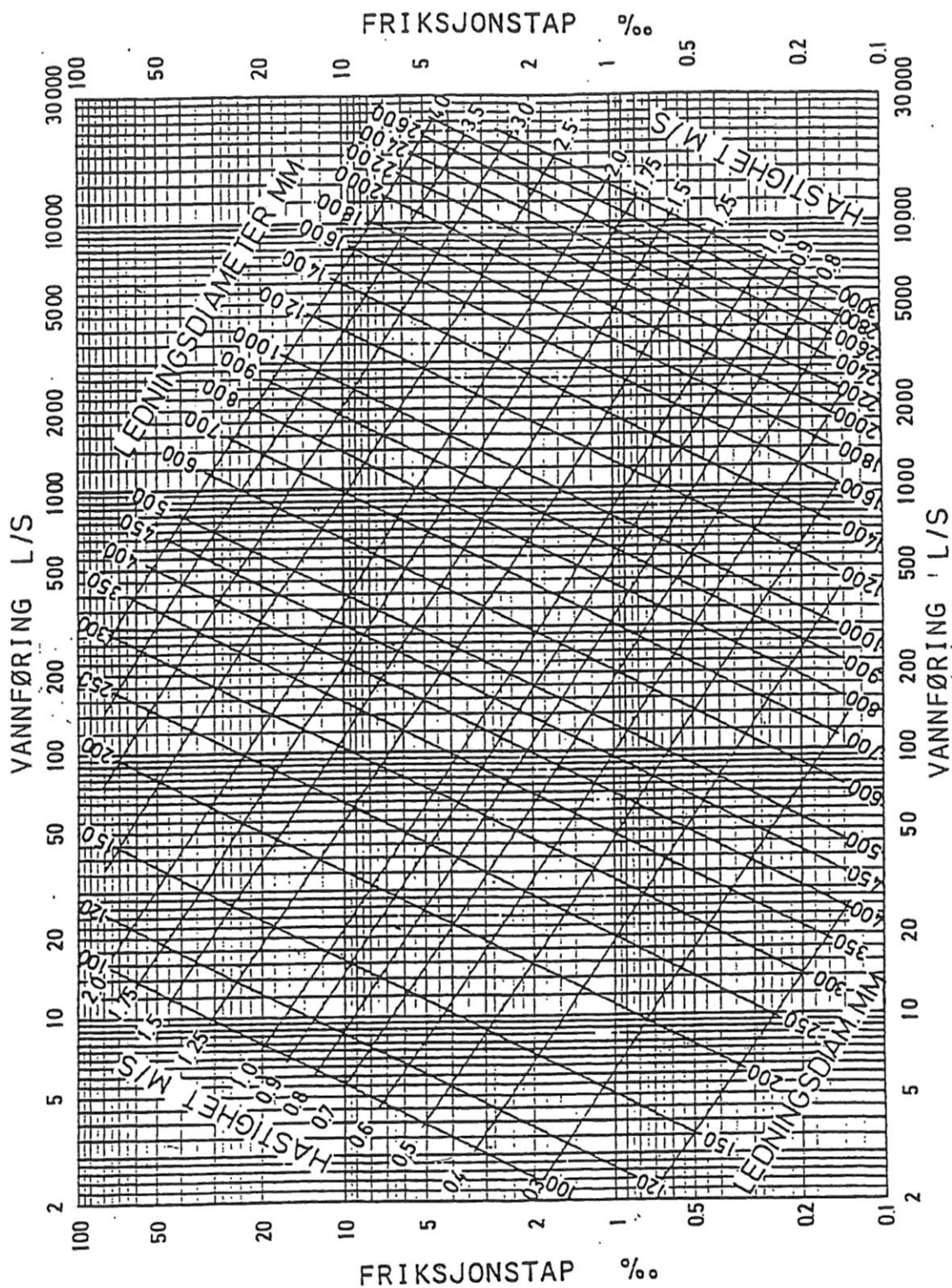


Fig. 5.5. Skjærspenningen varierer langs den våte periferi.

Vedlegg 2

IVF kurve for Blindern
Periode:1968-2008





Trykktapsdiagram for fylte rørledninger etter Colebrooks formel med ruhet $k = 1,0$ mm